دانشکده علوم پایه
پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک
گرایش اختر فیزیک و نجوم رصدی

عنوان:

مطالعه منحنی نوری سیستم دوتایی گرفتی

V505 Persei

استاد راهنما
آقای دکتر بهرام خالصه

نگارش
ایمان سفیدچیان

زمستان 1391

به نام خداوند جان و خرد

کزین برتر اندیشه برنگذرد

جهان هر کس به اندازه وسعت فکر اوست

سپاس و قدردانی

- از استاد راهنمایم جناب آقای دکتربهرام خالصه، به خاطر راهنمایی‌های ارزنده و بی دریغشان که همواره مشوق و پشتیبانم بوده اند.
- از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر جمشید قنبری ، که در دوران تحصیلم فراتر از یک دانشجوی معمولی برایشان زحمت داشته ام.
- از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر مهدی خواجوی که صبورانه بنده را تا پایان دوره کارشناسی ارشد همراهی کرده اند.
- همچنین از جناب آقای دکتر شهرام عباسی که زحمت داوری پایان نامه بنده را پذیرفته اند و جناب آقای دکتر رضا ایزدی مدیر گروه فیزیک که همدلانه راهگشایم بوده اند و نیز تمامی دوستانی که مرا در نگارش این پایان نامه یاری نمودند کمال تشکر را دارم.

پیشکش به :

پدر و مادرم؛ به خاطر دل نگرانی های همیشگی اشان

همسر مهربانم؛ همدم بی ادعای لحظه های غربتم

دخترم؛ بهار بی خزان زندگیم

خواهر و برادرانم؛ شادی روزهای گذشته و فصلهای نیامده ام

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه

فصل اول: ستارگان دوتایی 1

1-1)تعریف ستارگان دوتایی 2

2-1)شکل گیری و تحول ستاره های دوتایی 2

1-2-1)نظریه تکه تکه شدن ابر مولکولی 3

2-2-1)نظریه به دام افتادن 3

3-2-1)نظریه شکافت در حین انقباض 3

3-1)اهمیت ستاره های دوتایی 4

4-1)انواع ستارگان دوتایی 4

1-4-1)دوتایی های نوری(ظاهری،اپتیکی) 5

2-4-1)دوتایی های دیداری(مشاهده ای) 5

3-4-1)دوتایی های طیف سنجی 6

4-4-1)دوتایی گرفتی 8

5-4-1)دوتایی نجومی (اختر سنجی) 9

5-1)طبقه بندی ستارگان دوتایی گرفتی 11

1-5-1)طبقه بندی بر اساس شکل منحنی نوری 11

1-1-5-1) منحنی‌های نوری نوع الگول(EA) 12

2-1-5-1) منحنی‌های نوری نوع شلیاق یا بتالیرا (EB) 12

3-1-5-1) منحنی‌های نوری نوع دبلیو دب اکبر(WUMa) 13

2-5-1)طبقه بندی بر اساس سطوح پتانسیل گرانشی مولفه ها(روش کوپال) 14

1-2-5-1) سیستم‌های دوتایی جدا 14

2-2-5-1) سیستم‌های نیمه جدا 15

3-2-5-1)دوتایی تماسی و فوق تماسی 17

فصل دوم: منحنی نوری ستارگان دوتایی و عوامل موثر بر شکل آن 18

عوامل موثر بر شکل منحنی نوری یک سیستم دوتایی گرفتی 19

1-2)پدیده گرفت 20

2-2)شکل مولفه ها 21

3-2)جسم سوم 21
4-2)اثر بازتاب 22
5-2)تاریکی گرانشی 23
6-2)تاریکی لبه 25
7-2)لکه های ستاره ای 26
فصل سوم: آشنایی با نرم افزار فوبه (PHOEBE)وروش کار با آن 27
1-3) آشنایی با نرم افزار فوبه 28
2-3)راهنمای کار با برنامه فوبه (PHOEBE)..... 29
فصل چهارم: تحلیـل منحنی نوری سیستم دوتایی گرفتی V505 PERSEI 36
منظومه دوتایی V505 Persei 37
1-4) نور سنجی منظومه دوتایی V505 Persei 37
1-1-4) ابزار نورسنجی..... 37
2-1-4) مراحل نورسنجی 37
3-1-4) داده های حاصل از نورسنجی ستاره دوتایی گرفتی V505 Persei 38
2-4) بررسی سیستم V505 Persei 47
3-4) نتیجه گیری 48
1-3-4)موقعیت ستاره‌ها در نمودار HR..... 49
2-3-4)پیکربندی دوتایی V505 persei..... 51
4-4) بحث و پیشنهاد 54
منابع 55

مقدمه

از زمانی که بشر از خود و جهانی که در آن زندگی می کرد آگاه شد آسمان را با ترس و شگفتی، منبعی با جاذبه ای پایدار و افسون کننده می دانست و چرایی های برای او بوجود آورد که اینها چیست که در آسمان می درخشند. بشر که بی وقفه در تلاش فائق آمدن بر جهل و حل اسرار بوده است ،سرانجام علم نجوم را پدید آورد.تاریخ اختر شناسی با گسترش روز افزون درک آدمی از کیهان همراه است. آدمی با مشاهده اجرام آسمانی توانسته است میان نظم و روش زندگی خود با نظم عالم مشاهده پذیر ارتباط برقرار کند.به نظر می رسد شیوه نگرش آدمی به زمین در شکل گیری تصور او از عالم تاثیر بسزایی داشته است و این هم امری منطقی است. یونانیان برای توضیح حرکت ظاهری خورشید در آسمان معتقد بودند که هلیوس الهه آفتاب هر روز گردونه خود را در آسمان از شرق به غرب می راند و هرشب در پیرامون جریان شمالی اقیانوس به حرکت در می آورد تا در فجری دیگر در شرق طلوع کند. همان طور که ملاحظه می کنید تصور مسطح بودن زمین سبب شده است تا آدمی برای حرکت خورشید توضیحاتی بیافریند. این توضیحات با آنکه امروزه در نظر ما بی معنی است اما بازتاب احساسات شخصی انسانها در باره اجرام آسمانی بوده است. زمانی که از سطح زمین به سمت فضا حرکت می کنیم و از زمین دور می شویم زمین را در بین سیارات دیگر می بینیم که به دور یک ستاره در حال گردش هستند. ستاره ای که هزاران برابر زمین است و نظامی که در آن، آن ستاره حکم فرمانروا را دارد و سیارات از او

تبعیت می کنند ،با قوانینی ثابت و غیر قابل تغییر. خورشید، گوی گازی غول پیکر درخشانی که در مرکز منظومه شمسی قرار گرفته و هشت سیاره و قمرهایشان، سیارک ها ، دنباله دارها ،ده ها هزار خرده سیاره و شهابوارها به دور خورشید در گردشند. خورشید و همه این اجرام تشکیل دهنده منظومه شمسی می باشند. خورشید ستاره ایست متشکل از هیدروژن و هلیوم و در داخل هسته ی داغ آن بر اثر فشار و گرما هیدروژن به هلیوم تبدیل می شود. انرژی ناشی از این واکنش لایه های بالایی ستاره را گرم می کند و این انرژی از سطح متلاطم خورشید به داخل فضا فوران می نماید .خورشید به دلیل نزدیک بودنش به زمین از نظر رصدی بهترین ستاره ی عالم است و در مقایسه با میلیاردها ستاره کهکشان ما ستاره ای متوسط به شمار میرود.

زمانی که ما از منظومه شمسی فاصله بگیریم و از آن دورتر و دورتر شویم منظومه خود را درمیان ستارگان دیگر می بینیم و اگر باز هم از این ستارگان فاصله بگیریم آنها را در خوشه های ستاره ای می بینیم . خوشه های ستاره ای را میتوان به دسته ای از زنبور تشبیه کرد که در ناحیه مرکزی انبوه تر هستند و در ناحیه بیرونی پراکنده تر و اگر ما هر زنبور را به یک ستاره تشبیه کنیم مقایسه آن با منظومه ستاره ای ما نشان میدهد که فاصله هر زنبور با زنبور دیگر باید 80 کیلومتر باشد که در این صورت اندازه گروه آنها به یک میلیون کیلومتر می رسد .

زمانی که از خوشه های ستاره ای فاصله بگیریم و از آنها دور تر شویم آنها را در میان توده هایی از گاز و غبار متشکل شده از هیدروژن می بینیم. اینجا محل تولد و مرگ ستارگان است. گاز های این سحابی ها به دلیل وجود ستارگان داغ موجود در آن می درخشد اما در این نواحی رنگین و داغ نیست که ستارگان متولد می شوند. توجه ما به نواحی تاریک تر بخصوص برآمدگی ها یا گویچه های تاریک کوچکی است که در آنها غبار و مولکول ها حرکت آشفته ای دارند. در این جاست که احتمال تشکیل ستاره با نیروی جاذبه متقابل بین ذرات شانس بیشتری دارد.

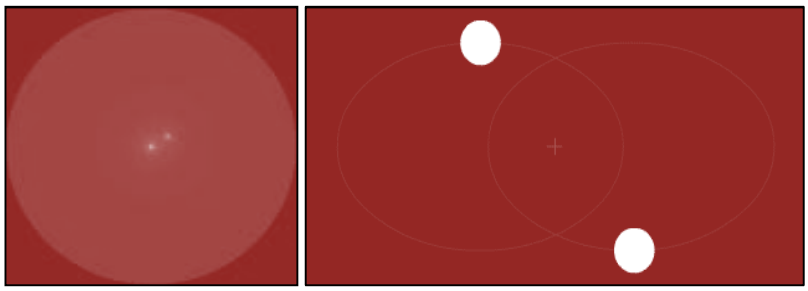
سوالی که در این جا مطرح می شود این است که جهان به این گستردگی آیا انتهایی دارد یا نه ؟

فصل اول

ستارگان دوتایی

1-1)تعریف ستارگان دوتایی

معمولا به یک جفت ستاره که در تلسکوپ خیلی نزدیک به هم دیده می شوند، ستاره دوتایی گفته می شود.



شکل(1-1)

2-1)شکل گیری و تحول ستاره های دوتایی

برای پی بردن به شکل گیری سیستمهای دوتایی ،لازم است ابتدا چگونگی شکل گیری مولفه های آنها را بررسی کنیم.می دانیم تولد ستاره ها در محیط های میان ستاره ای یا همان ابر مولکولی اتفاق می افتد.زمانی که در این محیطها ،بنا به دلایلی ناپایداری گرانشی رخ می دهد،نیروی گرانش سبب تراکم این ابر شده و چگالی برخی از ناحیه ها را به تدریج افزایش می دهد.سپس این نواحی به صورت توده های گازی در می آیندو این توده ها در حین رمبش از محیط اطراف خود نیز جرم جذب می کنندو در ادامه چگالی،دما و فشار هسته مرکزی آنها افزایش می یابد تا جاییکه دمای این قسمت به حدی می رسد که همجوشی اتمهای هیدروژن و تولید هلیوم میسر می گردد.سپس توده مذکور کسری از انرژی خود را به صورت انرژی تابشی از دست می دهد. در مرحله بعدی نیروی جاذبه گرانش با نیروی فشار تابشی به تعادل رسیده که در پی آن توده در تعادل هیدروستاتیکی قرارگرفته و ستاره متولد می شود.[22]

در مورد نحوه شکل گیری سیستمهای دوتایی نظریات متعددی مطرح شده است که سه نظریه عمده آنها عبارتند از:

- تکه تکه شدن ابرهای مولکولی
- به دام افتادن
- شکافت در حین انقباض

1-2-1)نظریه تکه تکه شدن ابر مولکولی

در این الگو یک ابر مولکولی متقارن چرخان در نظر گرفته می شود.یک ابرمولکولی که به تندی می چرخد، طی مراحلی به صورت یک حلقه و یا یک قرص در آمده و تحت شرایط خاصی به دلیل عدم وجود تقارن و آشفتگی های حاصل از آن می تواند تکه تکه شده و سبب به وجود آمدن چندین پیش ستاره گردد.

این نظریه اینکه چرا ستاره های دوتایی یا چندتایی بیشتر از ستاره های منفردند را توجیه می کند.البته در الگوهای جدید این نظریه ،شرایط اولیه مثل چگالی و آهنگ دوران غیر یکنواخت و همچنین نحوه انتقال انرژی از طریق تابش نیز در نظر گرفته می شود.این الگو برای توصیف ستارگان دوتایی با دوره تناوب طولانی که از یکدیگر دورند، مناسب است و نه برای ستاره های دوتایی نزدیک به هم با دوره تناوب کوتاه مدت. [10]

2-2-1)نظریه به دام افتادن

در این نظریه دوستاره منفرد در نتیجه مواجه شدن اتفاقی با هم، تحت اثر میدان گرانشی یکدیگر ،یک سیستم دوتایی را تشکیل می دهند.(می دانیم در این صورت انرژی آزاد می شود پس باید این انرژی توسط تاثیرات جزر و مدی شدید بین دو ستاره (که در این حالت باید بسیار به هم نزدیک باشند)جذب شود و یا جسم سوم و یا مواد میان ستاره ای وجود داشته و این انرژی را جذب کند.)

3-2-1)نظریه شکافت در حین انقباض

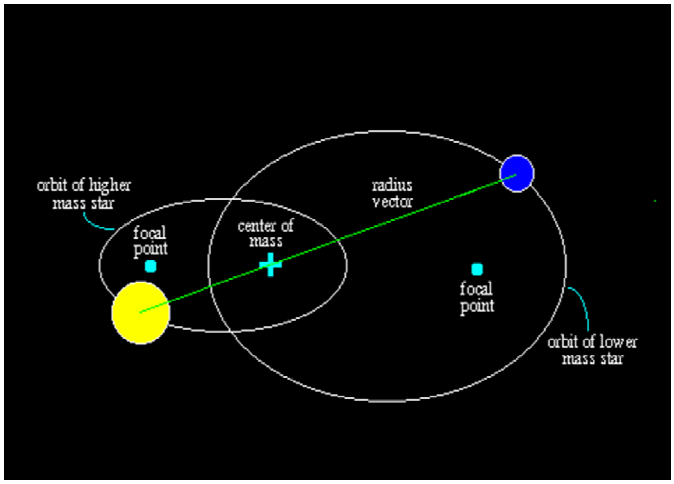
نظریه شکافت اولین بار در سال 1850 میلادی توسط فردریش ریمان[1] مطرح شد .این نظریه برای منشا ستارگان دوتایی نزدیک و ستارگان دوتایی نوعWUMa وهمچنین ستارگانی که جرم آنها در این محدوده جرمی قرار می گیرد مناسب است.در این نظریه یک پیش ستاره هنگامی که به تراکم خود ادامه می دهد و به سمت رشته اصلی پیش می رود،بر سرعت گردشش به دور خود افزوده می شود و با نیروی گرانش ستاره مقابله می کند. وقتی نسبت این دو انرژی (انرژی دورانی به انرژی گرانشی)به یک مقدار حدی رسید،ستاره تحت تاثیر ناپایداریهای به وجود آمده ،به دو یا چند ستاره شکافته می شود. جرمی که ستاره در این حالت دارد ،جرم حدی نامیده می شود وبر طبق محاسبات روگزبرگ[2] برابر 0/8 تا 4 برابر جرم خورشید تخمین زده می شود. [12]

---

[1] Feredrich Reiman
[2] Roxburg

3-1)اهمیت ستاره های دوتایی

کسر بزرگی از ستارگان آسمان را ستاره های دوتایی تشکیل می دهند.لذا از این جهت مطالعه آنها اهمیت پیدا می کند. علاوه بر این می دانیم که در بررسی و شناخت ستارگان یکی از مهمترین عوامل، دانستن جرم ستاره است که در حال حاضر مطمئن ترین راه (شاید بتوان گفت تنها راه) محاسبه جرم ستارگان از طریق ستارگان دوتایی است.



شکل(1-2)

اگر نیم قطر بزرگ مدار نسبی واقعی را با d (بر حسب AU) و دوره تناوب حرکت مداری را با P (برحسب سال) و مجموع جرمهای دو عضو را با M_1+M_2 (بر حسب جرم خورشید) نشان دهیم، طبق قانون سوم کپلر خواهیم داشت:

$$M_1+M_2=\frac{d^3}{P^2}$$

همچنین اگر d_1 و d_2 فاصله دو ستاره از مرکز جرم مشترکشان باشد، می توان نوشت:

$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{d_2}{d_1} \qquad (d=d_1+d_2)$$

بدین ترتیب از دو معادله فوق جرم هریک از ستاره ها بدست می آید. البته بدست آوردن p و d دشواریهایی دارد که با توجه به نوع ستاره دوتایی متفاوت خواهد بود. [22]

4-1)انواع ستارگان دوتایی

ستارگان دوتایی را می توان به انواع زیر تقسیم نمود:

-دوتایی نوری

-دوتایی دیداری

-دوتایی طیف سنجی

-دوتایی گرفتی

-دوتایی اخترسنجی

1-4-1)دوتایی های نوری[1](ظاهری،اپتیکی)

ستارگانی که با یکدیگر ارتباط فیزیکی ندارند و در آسمان به طور اتفاقی در راستای خط دید یکسان قرار گرفته اند. این نوع ستارگان در واقع تشکیل یک سیستم دوتایی را نمی دهند و تنها به دلیل اینکه در راستای خط دید ناظر قرار دارند بصورت دوتایی به نظر می رسند.ممکن است فاصله آنها دهها سال نوری باشد. [3]

شکل(1-3)

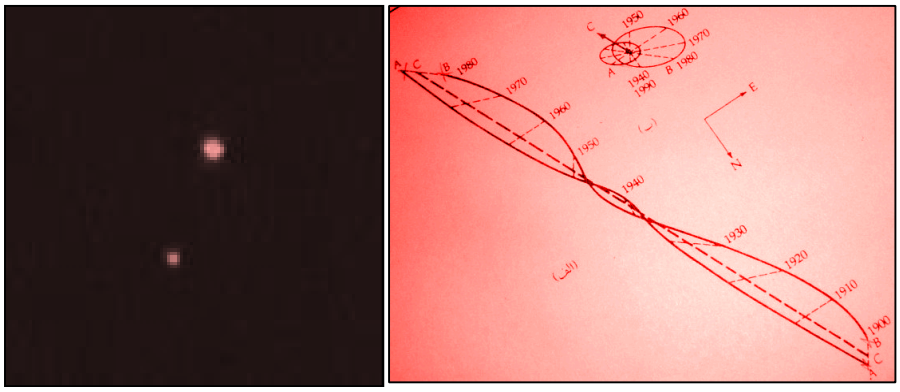
ستاره های دوتایی نوری به راحتی از روی حرکات نامربوط به مولفه هایشان قابل تشخیص هستند.به عنوان مثال میزر[2]و یا عناق ستاره ای است در صورت فلکی دب اکبر[3] .بدون نیاز به تلسکوپ می توان همدم کم نورتر این ستاره را که سها یا الخور[4] نام دارد در سمت شرقی این ستاره مشاهده نمود.قدر میزر حدود 8/1 کمتر از قدر الخور می باشد.میزر و الخور گاهی با نام "اسب و سوار" خوانده می شوند.با اینکه حتی با بینایی نسبتا ضعیف چشم هم می توان این دو ستاره را از یکدیگر تفکیک نمود،در گذشته معمولا تشخیص این دو ستاره از یکدیگر معیاری برای سنجش بینایی بوده است.فاصله میزر و الخور از یکدیگر 3 سال نوری و از زمین به ترتیب حدود 78 و 81 سال نوری می باشد. [18]

1-4-2)دوتایی های دیداری(مشاهده ای)

ستارگانی که توسط نیروی گرانش با هم ارتباط دارند و در ضمن قابل رویت با تلسکوپ نیز می باشند. اینها در واقع دو ستاره هستند که در میدان گرانشی یکدیگر قرار دارند و معمولا فاصله آنها چند صد واحد نجومی است.فاصله مراکز دو ستاره در این حالت بیشتر از یک ثانیه قوسی است و با استفاده از تلسکوپ قابل تفکیک می باشند. به دلیل فاصله زیاد در این حالت ،سرعت مداری اینگونه ستارگان بسیار کم بوده و برای پی بردن به حرکت مداری آنها گاهی باید چند ده سال رصدشان کرد. [15]

---

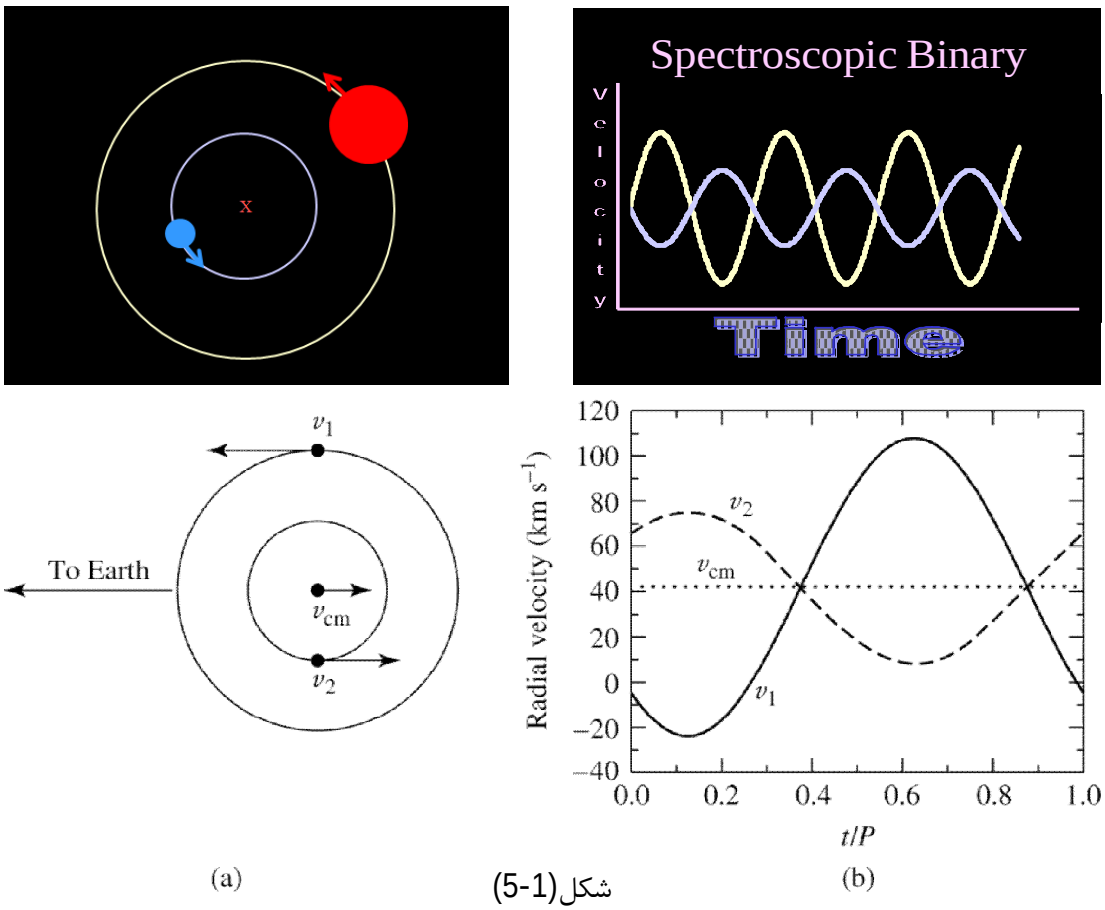
[1] Optical Doubles
[2] Mizer
[3] Constalation Ursa Major
[4] Alcor



شکل(1-4)

1-4-3)دوتایی های طیف سنجی

اغلب دو عضو یک سیستم دوتایی به علت نزدیکی زیاد به یکدیگر و یا به علت فاصله زیاد دوتایی از خورشید ،توسط تلسکوپ قابل تجزیه به دو ستاره نیستند و همانند یک ستاره منفرد به نظر می رسند. چنین دوتایی هایی، طیفی نامیده می شوند و در این گونه مواقع ،دوتایی بودن دستگاه از رصدهای طیفی و اندازه گیری سرعت شعاعی آنها استنباط می شود(که البته ممکن است دو تایی طیفی تک خط یا دو خط باشد). فاصله متوسط بین دو عضو اکثر دوتایی های طیفی کمتر از یک واحد نجومی بوده و پریودشان معمولا بین چند روز تا چند ماه می باشد. [17]



شکل(1-5)

در این نوع دوتایی ها تنها از روی اثر دوپلر بر نور تابش شده توسط ستاره، می توان به دوتایی بودن آن پی برد.در دوتایی هایی طیفی سیستم شامل دو ستاره ای است که حول مرکز جرم مشترکشان در حال چرخش هستند و خطوط طیفی در نور تابش شده توسط هرکدام از مولفه ها به طور تناوبی و با همان دوره تناوب مداری آنها ،وقتی به ما نزدیک میشوند به سمت طول موجهای آبی و هنگامی که از ما دور می شوند به طرف طول موجهای قرمز انتقال می یابند.

در این نوع سیستمها جدایی میان ستاره ها معمولا بسیار کم است و سرعت مداری بالا می باشد(حداقل $3600\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$یا$\frac{KM}{S}$ 1).

بجز در حالتی که صفحه مداری چرخش ستاره ها عمود بر راستای خط دید ما باشد،سرعت های مداری سیستم ،مولفه هایی در راستای خط دید ما خواهد داشت و سرعت شعاعی[1] سیستم به صورت تناوبی تغییر می کند.از آنجایی که سرعتهای شعاعی توسط طیف سنج و با مشاهده اثر دوپلر بر روی خطوط طیفی مولفه ها اندازه گیری می شود، دوتایی هایی که به این روش شناخته شوند دوتایی های طیف سنجی نامیده می شوند.

مدار دوتایی های طیفی توسط مشاهدات طولانی سرعتهای شعاعی مولفه های سیستم تعیین شده و سپس داده های گردآوری شده از این مشاهدات بر حسب زمان رسم شده و از روی منحنی بدست آمده،دوره تناوب سیستم بدست می آید.اگر مدار چرخش دایره ای باشد،منحنی به صورت سیسنوسی است و اگر مدار بیضوی باشد منحنی به خروج از مرکز[2]مدار و نیز جهت گیری قطر اطول نسبت به راستای خط دید بستگی خواهد داشت.

تعیین همزمان نیم-قطر اطولa و زاویه میل مداری i غیر ممکن است و تنها می توان حاصل ضربa و $\sin i$ را به طور مستقیم و بر حسب واحد های طولی بدست آورد . اگر a و یا i را به طریقی دیگر , مثلا حل نور سنجی سیسیتم دوتایی گرفتی بدست آوریم، می توان حل کاملی برای مدار سیستم بدست آورد .

برای عنوان نمودن نمونه ای از دوتایی های طیف سنجی می توان بازهم از میزر نام برد . می توان از میزر A به عنوان اولین دوتایی طیف سنجی کشف شده نام برد . همدم طیف سنجی میزر A توسط پیکرینگ[3] درسال 1889 کشف شد . این ستاره و همدم طیفی آن تقریبا 35 بار درخشان تر از خورشیدند و هر 20 روز یکبار به گرد یکدیگر می چرخند . بعد ها مشخص شد که میزر B نیز خود یک دوتایی طیف سنجی بوده و مولفه همدم آن هر 6ماه یکبار دوره مداری خود را کامل می نماید . [4]

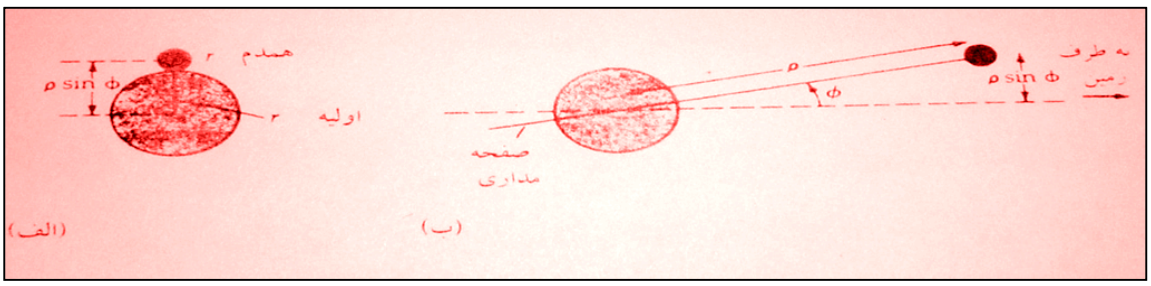
---

[1] Radial Velocities
[2] Eccentricity
[3] Pickerimg

البته یافتن ستاره هایی که هم مرئی بوده و هم طیف سنجی باشند بسیار مشکل می باشد . جدایی دوتایی های مرئی از یکدیگر معمولا بسیار زیاد بوده و دوره تناوب آنها نیز بین ده ها و قرنها سال متغیر می باشد، لذا سرعت مداری آنها کمتر از حدی است که بتوان آن را از طریق طیف سنجی اندازه گیری کرد . برعکس سرعت مداری دوتایی های طیف سنجی بسیار زیاد است . زیرا مولفه های آنها به یکدیگر نزدیک بوده و لذا مشاهده ی آنها به صورت مرئی میسر نمی باشد . بنابر این دوتایی های که هم مرئی و هم طیف سنجی باشند باید نسبتا در نزدیکی زمین قرار بگیرند . [7]

1-4-4)دوتایی گرفتی

ستارگان دوتایی ستارگانی هستند که حول مرکز جرم مشترکشان در حال چرخش می باشند . حرکات هر دوستاره هم زمان در یک صفحه مداری مشترک در آسمان انجام می گیرید . هنگامی که این صفحه به گونه ای قرار گرفته باشد که تقریبا در امتداد خط دید ناظر زمینی باشد ، می توان مولفه های سیستم دوتایی را در حالی که از مقابل یکدیگر عبور می کنند ، مشاهده نمود . در نتیجه یک سیستم متغیر غیر ذاتی[1] خواهیم داشت که دوتایی گرفتی نام دارد . اکثر چنین دوتایی هایی از نوع طیفی هستند و تعداد خیلی کمی از آنها از نوع دیداری می باشند. در این حالت،خط دید ناظر درون صفحه مداری دو ستاره و یا نزدیک به آن بوده، در نتیجه دو ستاره در حین گردش به دور مرکز جرم مشترکشان به نوبت در پشت یکدیگر قرار می گیرند که منجر به تغییرات پریودیک در روشنایی ظاهری سیستم می گردد.



شرط گرفت: $r \sin j \; \mathbf{p} \; R_{\text{اولیه}} + R_{\text{همدم}}$

شکل(1-6)

همان طور که در شکل 1-6 مشاهده می کنیم ، صفحه مدار دوبعدی است . بنابراین ، با توجه به این که صفحه با چه زاویه ای نسبت به خط دید ما قرار گرفته باشد ، چیز های متفاوتی خواهیم دید . [11]

تابندگی سیستم های دوتایی گرفتی وقتی حد اکثر است که هر دو مولفه سیستم قابل رویت باشند و هنگامی که یکی از ستاره ها در پشت دیگری مخفی شود ،افتی در تابندگی سیستم مشاهده خواهد شد .

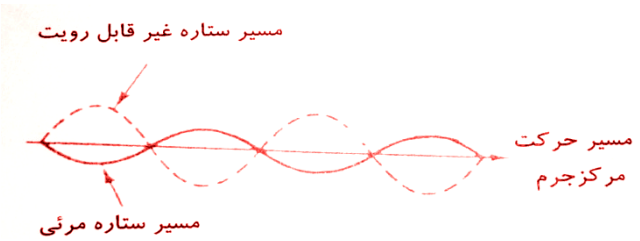
[1] Extrinisic Variable Star System

راس الغول (آلگول)[1] اولین سیستم دوتایی گرفتی کشف شده می باشد . اولین بار جمی نیانو مون تاناری[2] درسال 1667 میلادی گزارش متغیر بودن نور تابش شده از سیستم را ارائه داد . اولین فردی که راهبردی برای تغییرات این ستاره ارائه نمود ستاره شناس آماتور انگلیسی ، جان گودریک [3] بود . وی یافته های خود را مبنی براینکه تغییرات تناوبی ستاره راس الغول ناشی از عبور یک جسم تاریک از مقابل آن ستاره می باشد و یا اینکه این ستاره خود دارای ناحیه تاریکی است که به طور تناوبی مقابل زمین قرار می گیرد در سال 1783 ارائه نمود . در سال 1881 ادوراد پیکرینگ [4] شواهدی را ارائه نمود که این ستاره در حقیقت یک دوتایی می باشد . در 1889 هرمان کارل ووگول[5] انتقال دوپلری تناوبی را در طیف آلگول مشاهده نمود که موید تغییرات سرعت شعاعی سیستم دوتایی بود . بنابر این آلگول جزو اولین دوتایی های طیف سنجی می باشد . آلگول A و آلگول B دوتایی های گرفتی هستند که فاصله آنها تنها 0/062 AU می باشد و هر 2/87 روز یکبار به دور یکدیگر می چرخند . [13]

1-4-5)دوتایی نجومی (اختر سنجی)

ستاره شناسان گونه ای از ستارگان را کشف کردند، که به نظر می رسد به گرد یک فضای خالی در حال چرخش هستند. این گونه زوجها در تلسکوپ فقط یک ستاره دیده می شوند، اما حرکت نوسانی ستاره درآسمان نشان می دهدکه این ستاره با یک شریک نامریی همراه شده است. این ستارگان که دوتایی های اختر سنجی نام گرفته اند، فاصله نسبتا کمی با زمین داشته و به نظر می رسدکه حول نقطه ای در فضا در حال نوسان هستند در حالی که هیچ همدم قابل مشاهده ای ندارند.

مولفه دوم در چنین دوتایی هایی یا توسط درخشش مولفه اول محو شده است و یا آنقدر کم نور است که قابل آشکارسازی نمی باشد . [8]



شکل(1-7)

در این دوتایی ها نیز مانند دوتایی های معمولی با استفاده از روشهاو ریاضیات بکار گرفته شده برای دوتایی های معمولی می توان جرم مولفه همدم گمشده را بدست آورد. ابتدا مکان ستاره مرئی به دقت

---

[1] Algol
[2] Geminiano Montanari
[3] John Goodricke
[4] Edward Pickering
[5] Hermna Carl Vogel

اندازه گیری شده و تغییرات آن تحت تاثیر جاذبه گرانشی همدم نامرئی اش آشکار می گردد . سپس مکان ستاره به طور مکرر ، نسبت به ستارگان دورتر اندازه گیری می شود . معمولا چنین اندازه گیری هایی تنها برای ستارگان نزدیک ما (فاصله کمتر از 33 سال نوری) ، یعنی ستارگانی که در محدوده پارسکی خورشید هستند ، می تواند انجام پذیرد .

ستاره شعرای یمانی[1] به عنوان اولین دوتایی اختر سنجی کشف شده (پرنور ترین ستاره آسمان شب های نیم کره شمالی) حدود 8/6 سال نوری با ما فاصله دارد . قدر این ستاره 1/46- می باشد و 25 بار از خورشید ما درخشان تر و جرم آن نیز دوبرابر جرم خورشیدمی باشد .[20]

تولد شعرای یمانی A به 200 تا 300 میلیون سال قبل بر می گردد . در ابتدا این سیستم شامل دو ستاره آبی درخشان بوده است که هر 9/1 سال مدار بیضوی خود را طی می کردند .

اما ستاره سنگین تر یعنی شعرای یمانی B ، تمام انرژی خود را صرف نموده و به صورت یک غول قرمز درآمد . این ستاره لایه های بیرونی خود را از دست داده و سر انجام حدود 120میلیون سال قبل ، طی یک فروریزش گرانشی ، به صورت کنونی یک کوتوله سفید در آمد [25].

اکنون همدم دوم که 10000 بارکم نور تر از مولفه اول در محدوده نور مرئی می باشد ، جرمی برابر خورشید دارد که در حجمی اندازه زمین جمع شده است . فاصله دو ستاره از هم برابر 20واحد نجومی یعنی معادل فاصله خورشید تا اورانوس از یکدیگر می باشند و دو ستاره هر 50 سال یکبار دور یکدیگر می چرخند . کشف شعرای یمانی B به حدود 70 سال قبل برمی گردد .

در سال 1844 فردریک بسل[2]منجم آلمانی ، با توجه به مشاهده تغییراتی در حرکت خاص[3] شعرای یمانی ، به این نتیجه رسید که این ستاره دارای یک همدم نامرئی است [20].

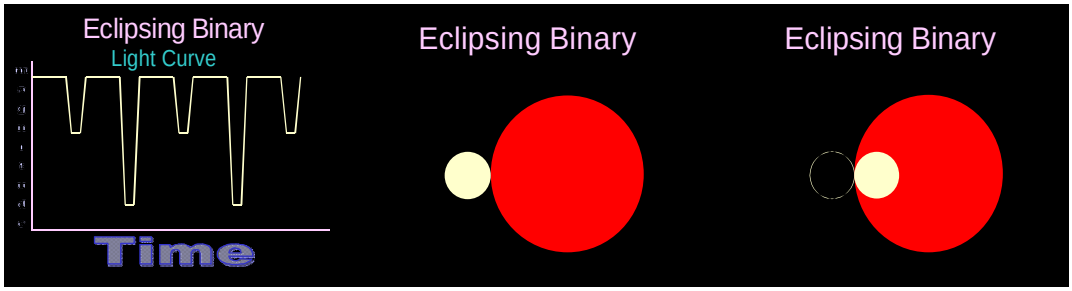
البته تقریبا 20سال بعد در 31 ژانویه سال 1862 آلوان گراهام کلارک[4] ، تلسکوپ ساز و منجم آمریکایی ، موفق شد این ستاره کم نور همدم را مشاهده کند [23] .

---

[1] Sirius
[2] Friedrich Besel
[3] Proper motion
[4] Alvan Graham Clark

5-1)طبقه بندی ستارگان دوتایی گرفتی

در بین انواع ستارگان دوتایی، دوتایی های گرفتی اطلاعات بسیار مفیدی را به ما می دهند که می توانیم با رصد آنها و رسم منحنی نوری، پریود حرکت، شعاع ستاره ها، شعاع مدار حرکت، جرم ستاره ها، مراحل تحولی آنها و اطلاعات بسیار مفید دیگری را بدست بیاوریم. به همین دلیل طبقه بندی خاص خود را دارند .این طبقه بندی ها می تواند بر اساس شکل منحنی نوری،موقعیت مولفه ها بر روی نمودار هرتسپرانگ-راسل(روش ساها)، سطوح پتانسیل گرانشی مولفه ها(روش کوپال)، خواص ذاتی مولفه ها(روش کرات)، برهمکنش مولفه ها در دوتایی های نزدیک(روش گانین)و...باشد.



شکل(1-8)

از آنجا که در این رساله تحلیل سیستم دوتایی انتخابی بر اساس شکل منحنی نوری و حالت انتخابی سیستم در نرم افزار مورد استفاده بر اساس سطوح پتانسیل گرانشی مولفه ها خواهد بود لذا به معرفی این دو طبقه بندی می پردازیم.

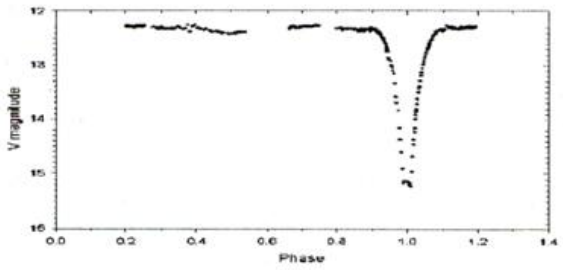
1-5-1)طبقه بندی بر اساس شکل منحنی نوری

اولین ومهمترین منابع اطلاعاتی ما درباره ستارگان، نوری است که از آن‌ها به ما می‌رسد. هرگاه شدت نور دریافتی از ستاره را بر حسب زمان رسم کنیم، یک منحنی نوری خواهیم داشت. معمولاً منحنی‌های نوری به دست آمده، تغییرات شدت نور را در یک صافی[1] مشخص، مانند صافی آبی، مرئی و یا قرمز نشان می‌دهد. در دوتایی های گرفتی به علت گرفت‌های متناوب، تغییرات متناوبی را در شدت نور دریافتی از این ستارگان خواهیم داشت. بنابراین یک منحنی نوری متناوب به دست می‌آید که با توجه به انواع مختلف ستارگان دوتایی گرفتی، اشکال متفاوتی خواهد داشت.

[1] Filter

1-5-1-1) منحنی‌های نوری نوع الگول[1](EA)

این منحنی‌های نوری شامل افت عمیق در قسمت گرفت می‌باشند و تنها تغییرات اندکی در خارج از این افت در منحنی مشاهده می‌شود. در الگول و دوتایی مشابه آن که چنین منحنی نوری‌ای دارند، مؤلفه دوم که یک غول قرمز بزرگ می‌باشد، بسیار سردتر و سبک‌تر اما بزرگتر از مؤلفه اول می‌باشد. بنابراین تابندگی سطحی آن نیز بسیار کمتر از مولفه اول می‌باشد. به همین دلیل هنگامی که پدیده گرفت برای مؤلفه دوم رخ می‌دهد، افت مشاهده شده در کل نور دریافتی از سیستم بسیار اندک خواهد بود و در بیشتر دوتایی‌های الگولی تنها چند درصد از کل نور کم خواهد شد. اما از آنجائیکه تابندگی سطحی مؤلفه اول زیاد است،هنگامی که پدیده گرفت برای مولفه اول اتفاق می‌افتد،عمق گرفت بسیار زیاد خواهد بود [14].



شکل(1-9)منحنی نوری یک سیستم الغول نوعی

1-5-1-2) منحنی‌های نوری نوع شلیاق یا بتالیرا[2] (EB)

منحنی نوری چنین دوتایی‌هایی تغییرات پیوسته‌ای را طی یک دوره تناوب مداری، که معمولاً بیش از یک روز می‌باشد، نشان می‌دهد. در دوتایی‌های نوع شلیاق ستاره بزرگ‌تر، مؤلفه کم نورتر می‌باشد. به همین دلیل بیشترین افت در شدت نور دریافتی از سیستم و یا کمینه اول مربوط به زمانی است که ستاره بزرگتر، به طور کامل ستاره کوچکتر را می‌پوشاند. کمینه دوم هم برای وقتی است که مؤلفه اول (مؤلفه کوچکتر اما پرنورتر) به طور جزئی مؤلفه دوم را می‌پوشاند [14].

در چنین حالتی، هر چند عمق کمینه دوم اکثر اوقات بسیار کمتر از عمق کمینه اول که غالباً دامنه‌ای کمتر از 2 مرتبه قدر دارد می‌باشد، کمینه دوم همیشه قابل مشاهده است [11].

در شکل 1-10 منحنی نوری ستاره شلیاق را در صافی V که از داده‌های سال 1995 از رصد این سیستم دوتایی به دست آورده‌اند، مشاهده می‌کنیم.

---

[1] Algol-type
[2] βlyrae